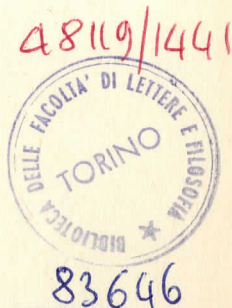


Opusc. PA-I. 1441-

ISTITUTO DI PSICOLOGIA DELLA R. UNIVERSITÀ DI FIRENZE

ENZO BONAVENTURA



LA PARALLASSE BINOCULARE

E IL SUO SIGNIFICATO NELLA PERCEZIONE DELLO SPAZIO

FIRENZE
STAB. TIP. BANDETTINI
1931 - IX

LA PARALLASSE BINOCULARE

LA PARALLASSE BINOCULARE

LA PARALLASSE BINOCULARE

LA PARALLASSE BINOCULARE

I. Concetto di parallasse binoculare — Il termine « parallasse » (= cangiamento, spostamento) viene usato per designare lo spostamento apparente di un oggetto, dipendente dallo spostamento effettivo dell'osservatore. In astronomia, dove il termine è stato dapprima introdotto, designa l'angolo formato dalla retta che congiunge il centro di un astro col centro della terra e da quella che congiunge il centro dell'astro stesso con un punto qualunque della superficie terrestre; o anche, l'angolo sotto il quale il raggio terrestre appare a un osservatore supposto nel centro dell'astro. L'astro appare infatti in diverse posizioni a seconda del punto della superficie terrestre in cui si trova l'osservatore; supponendo allora che un osservatore si trovi sulla terra nel punto che passa per la retta congiungente il centro della terra col centro dell'astro, e un altro osservatore in un altro punto qualunque della superficie terrestre, l'angolo formato dalle due rette congiungenti i due osservatori col centro dell'astro prende il nome di parallasse dell'astro rispetto al punto considerato. La parallasse è dunque una misura angolare; cresce col crescere della distanza tra i due osservatori; diminuisce col crescere della distanza dell'oggetto osservato.

Nella psicofisiologia della percezione visiva dello spazio il concetto di parallasse è stato introdotto dapprì-

ma dal Listing, precisato poi dall'Helmholtz, e adottato quindi dai successivi ricercatori. Nel senso più generale designa la differenza angolare tra le posizioni apparenti diverse in cui un oggetto appare ad un osservatore che si sposti dinanzi ad esso; così quando ci muoviamo dinanzi ad un oggetto, sia p. es. un palo del telegrafo, esso ci appare successivamente in posizioni differenti: considerando allora le posizioni in cui appare da due punti di vista differenti, separati da una certa distanza, la parallasse dell'oggetto è uguale all'angolo formato dalle rette congiungenti i due punti di osservazione col l'oggetto stesso. Si deve notare fin d'ora che ad ogni spostamento dell'osservatore l'oggetto non solo appare in posizioni differenti, ma anche muta di aspetto (forma, grandezza, colore, luminosità etc.). Il caso più tipico, e, in certo senso, estremo, si ha quando si gira attorno ad un bastone tenuto sospeso in posizione sagittale all'altezza dell'occhio: quando lo si vede di fianco, il bastone appare come una linea di certa lunghezza; poi, a mano a mano che si gira, come una linea sempre più corta, fino a ridursi a un punto solo quando è visto di fronte, per tornare ad apparire come una linea di lunghezza crescente quando è visto dal fianco opposto al primo; che se poi dalle due parti ha diversi colori ed è inoltre illuminato in diverso modo, altre variazioni qualitative si aggiungono a quelle di forma e di grandezza.

Col nome di «parallasse binoculare» s'intende la differenza angolare tra le due posizioni apparenti di un punto luminoso visto dai due occhi. Se noi fissiamo un punto luminoso e poi chiudiamo alternativamente uno dei due occhi, osserviamo uno spostamento dell'immagine ogni volta che cambia l'occhio aperto; se il punto è vicino, lo spostamento può essere fortissimo: per un punto situato a 10 cm. dalla glabella è di circa 7 cm., ciò che rappresenta una parallasse di circa 40° . I due occhi vengono qui considerati come i due osservatori dalla cui

differente posizione dipende lo spostamento apparente delle immagini degli oggetti esterni; la loro distanza è fissa ed è approssimativamente e in media di 64 mm. tra i centri delle due pupille. La parallasse binoculare può essere dunque anche definita come « l'angolo sotto il quale la distanza interpupillare è vista da un osservatore supposto nel punto luminoso ». E' evidente che tale angolo varia col variare della distanza del punto, e precisamente diminuisce col crescere della distanza. Perciò ad ogni variazione di distanza dell'oggetto dall'osservatore corrisponde una variazione della parallasse: e dati due punti diversamente distanti, è più lontano quello la cui parallasse binoculare è minore.

Oltre alla parallasse binoculare sono state studiate anche alcune parallasse monoculari, dovute agli spostamenti che ciascun globo oculare subisce in seguito ai suoi movimenti. Così considerando gli spostamenti della pupilla si può misurare una parallasse pupillare; e considerando gli spostamenti dei punti nodali si può misurare una parallasse nodale. Il Kirschmann ha descritto col nome di « parallasse della visione indiretta » lo spostamento apparente di un punto luminoso che si verifica quando l'occhio si muove per far passare l'immagine del punto stesso da una regione periferica del campo visivo (visione indiretta) a quella centrale (foveale): movimenti che facciamo ogni volta che per fissare un oggetto dobbiamo muovere lo sguardo, p. es., quando scorriamo cogli occhi lungo il rigo della pagina nella corrente lettura. Poichè tuttavia i valori delle varie parallasse monoculari sono sempre così bassi che non è possibile ascrivere loro alcuna parte notevole nella percezione della distanza e del rilievo dei corpi (p. es. la parallasse della visione indiretta cessa di avere un valore apprezzabile per distanze superiori a quella di 1 m.), noi non ce ne occuperemo nel presente studio.

II. Concezione quantitativa e concezione qualitativa della parallasse binoculare — Conseguo da quanto sopra è stato detto che una differenza di distanza tra due punti luminosi potrà essere avvertita dal soggetto solo finchè la differenza tra le due parallassi binoculari relative ai due punti sarà superiore ad un certo valore minimo (valore di soglia). Questo valore viene assunto come misura della « acuità stereoscopica ». Helmholtz ⁽¹⁾ ha cercato di determinarlo servendosi di tre aghi disposti verticalmente l'uno accanto all'altro, separati tra loro da un intervallo di 12 mm., e distanti dagli occhi dell'osservatore di 340 mm.; l'esperimento, condotto col metodo dell'errore medio, consisteva nel collocare l'ago mediano (mobile in avanti e indietro) allo stesso livello degli altri due (fissi). L'errore non superava mai $\frac{1}{4}$ di mm.; una differenza di distanza di $\frac{1}{2}$ mm. era sempre riconosciuta senza errore. Calcolando allora le parallassi binoculari per le due distanze di mm. 340 e mm. 340,5, si trova che la differenza tra i due angoli è di 60",5. Helmholtz ne concluse che l'acuità stereoscopica ha circa lo stesso valore dell'acuità visiva monoculare (stabilita dal Wundt in valori oscillanti tra 50" e 100"). Ricerche successive, eseguite collo stesso metodo ma con maggior precisione, hanno condotto ad abbassare assai quel valore: e mentre Heine ⁽²⁾ trovava che una differenza angolare di 10" era sufficiente a riconoscere una differenza di distanza tra gli aghi, Bourdon ⁽³⁾, che guardava gli aghi alla distanza di 2 m., abbassava ancora il valore dell'acuità stereoscopica portandolo alla cifra di soli 5". Ma la corrispondenza coll'acuità visiva monoculare non era perciò mutata, giacchè le nuove

(1) HELMHOLTZ, *Handbuch der physiologischen Optik*, pp. 644-645 (Nella 3. edizione a cura di Gullstrand, von Kries e Nagel, 1910, vol. III, p. 256).

(2) HEINE, *Sehschärfe und Tiefenwahrnehmung* (Graefe's Archiv, LI, 1900, pp. 146-173).

(3) BOURDON, *La perception visuelle de l'espace* (1902), pp. 248-252.

misure di Stratton (1) avevano contemporaneamente precisato che, nelle condizioni obiettive più favorevoli, e in soggetti attenti e ben esercitati, l'acuità visiva poteva scendere al basso valore di 7". Ammessi tali valori, il Bourdon ha calcolato (si badi: calcolato, non misurato sperimentalmente) per le diverse distanze dal soggetto le minime differenze a cui debbono trovarsi due punti perchè siano riconosciuti come l'uno più vicino dell'altro. Così p. es. se un punto dista dagli occhi dell'osservatore di 1 m., l'altro viene riconosciuto come più vicino se si trova appena 4 decimi di millimetro più in avanti; se il primo punto è a 2 m., il secondo deve differirne di mm. $1\frac{1}{2}$; così sarà possibile distinguere come l'uno più vicino dell'altro due punti situati a m. 9,94 e a m. 10; oppure due punti che siano l'uno a m. 96,3 e l'altro a m. 100; o l'uno a m. 796 e l'altro a m. 1000; o l'uno a m. 1138 e l'altro a m. 2000; o infine l'uno a m. 2642 e l'altro all'infinito. La parallasse binoculare funzionerebbe dunque fino alla distanza di oltre due chilometri e mezzo: solo un punto che si trovasse a distanza superiore ai 2642 m. non potrebbe essere percepito come più vicino delle stelle più lontane. Se si tien conto che l'accomodazione e la convergenza non funzionano oltre i 5 m., in quanto al di là di questa distanza la lente cristallina è sempre adattata come per una distanza infinita e gli assi visivi sono sempre praticamente paralleli, si può giudicare quanto più acuto strumento di percezione sia la parallasse binoculare rispetto agli altri coefficienti organici della percezione della profondità, della distanza e del rilievo dei corpi.

Ma in primo luogo questi calcoli non possono essere accettati senza un controllo sperimentale. Essi infatti muovono dall'ipotesi che l'acuità stereoscopica conservi

(1) STRATTON, *A new Determination of Minimum Visible and its Bearing on Localisation and Binocular Depth* (Psych. Review, VII, 1900, pp. 429-435).

un valore costante qualunque sia la distanza degli oggetti visibili; e che quindi quel valore di 5" trovato osservando tre aghi a 2 m. di distanza rimanga inalterato quando si osservino, non dirò più tre aghi, che non sarebbero affatto percettibili, ma tre grossi pali o altri oggetti situati a uno o due chilometri di distanza. Ciò non è affatto sicuro. Ma anche indipendentemente da questa riserva un problema preliminare si pone intorno al significato della parallasse binoculare.

Nell'esempio sopra recato del bastone tenuto in posizione sagittale, intorno al quale il soggetto si sposti, osservandolo successivamente da posizioni diverse, si è visto come oltre alle differenze di posizione apparente dell'oggetto sia da considerare tutto un complesso di altre differenze (di forma, di grandezza, di colore, di illuminazione etc.) che si accompagnano allo spostamento angolare. Anche nel caso della parallasse binoculare queste variazioni non mancano. Si provi a tenere davanti agli occhi, in vicinanza del naso, un cartoncino di dimensioni piuttosto grandi, p. es. di cm. 20×20 , avente una pagina bianca e una nera, e tenendolo in posizione sagittale rispetto all'asse del corpo: esso apparirà sdoppiato, non essendo possibile convergere gli occhi al punto di ottenere una fusione delle due immagini; un occhio vedrà soltanto la pagina bianca, l'altro vedrà soltanto la pagina nera; cioè, le immagini ricevute dai due occhi appariranno non solo in posizione diversa, data la distanza interoculare, ma saranno anche profondamente differenti tra loro. Si allontanano il cartoncino a poco a poco, mantenendolo in posizione sagittale: le due immagini andranno fondendosi, in seguito alla convergenza, ma tra di esse rimarranno sempre delle differenze, che saranno ben riconoscibili se si chiuderà alternativamente un occhio e si cercherà di confrontare i due aspetti che il cartoncino presenta rispettivamente all'occhio destro e all'occhio sinistro. A mano a mano che l'oggetto si allon-

tana, non soltanto varia (diminuendo) la differenza di posizione dell'oggetto per i due occhi, ma varia anche la differenza nell'aspetto *qualitativo* dell'oggetto medesimo. E allora sorge naturale la domanda: il riconoscimento della differenza di distanza tra due oggetti è condizionato unicamente dal fattore *quantitativo* della differenza angolare tra le due immagini, oppure anche dal fattore *qualitativo* delle differenze di forma, grandezza, luminosità, colore etc. che non possono mai mancare tra le due immagini? In altri termini, per parallasse binoculare si deve intendere il puro e semplice *spostamento* apparente dell'oggetto per i due osservatori che si trovino alla distanza interoculare, oppure il *cangiamento* apparente dell'oggetto per i due medesimi osservatori? Il problema è di grande importanza; perchè, come vedremo, secondo che si attribuisca l'uno o l'altro significato alla parallasse binoculare, si è indotti a dare un valore diverso alla parte che ha l'esperienza nella determinazione dei giudizi spaziali in ordine alla profondità e al rilievo dei corpi.

III. La teoria di Hering sulla « Querdisparation »

— Occorre anzitutto enunciare la teoria che col massimo rigore cerca di far dipendere la percezione visiva della distanza dallo spostamento angolare (Querdisparation) come puro fattore quantitativo; e che pertanto, trovando in tale fattore costituzionale e innato la condizione sufficiente a spiegare il riconoscimento delle differenze di distanza e del rilievo degli oggetti, tende a ridurre al minimo, se non ad eliminare del tutto, la azione dell'esperienza. Cerchiamo di esporre la teoria nei termini più chiari consentiti dalla brevità del riassunto⁽¹⁾.

Supponiamo, dice l'Hering, che esista un essere for-

(1) HERING, *Beiträge zur Physiologie*. V. Heft: *Vom binocularen Tiefsehen* (Leipzig, 1861-1864).

nito di pura sensibilità (ein rein sinnliches Sensorium), anteriore a qualunque esperienza, incapace di giudizio e di ragionamento. Aprendo gli occhi, quest'essere apprenderà tutto un insieme di luce e di spazio, in cui distinguerà delle parti, ma non saprà ancora riconoscere direzioni e posizioni. Col sorgere delle funzioni intellettuali, comincerà a stabilire in questo complesso primitivo alcune relazioni. Ma per far ciò dovrà prendere un punto di riferimento, come chi voglia stabilire la posizione di un punto dello spazio deve riferirsi all'origine delle coordinate, al punto in cui le tre coordinate spaziali hanno il valore zero. Il più adatto punto di partenza è certamente il « punto centrale del campo visivo » (Kernpunkt des Sehraumes): esso è un punto che non ha, in sè, nessun « posto », ma che lo acquista dalla relazione con altri punti; ed è il punto che corrisponde all'eccitazione simultanea dei centri delle due fovee. L'eccitazione di qualunque altro punto della retina suscita un complesso « sentimento spaziale » (Raumgefühl) che risulta dal miscuglio di tre « sentimenti spaziali semplici » corrispondenti ai valori di altezza, larghezza e profondità; la diversa intensità con cui ciascuno di questi tre elementari sentimenti spaziali entra nel complesso sentimentale di ciascun punto della retina, dà al complesso stesso un colorito speciale, che ci permette di riconoscere immediatamente il punto stimolato per la differenza (in altezza, larghezza e profondità) tra esso e il punto centrale del campo visivo. Il punto centrale (corrispondente, come dicemmo, ai centri delle due fovee) possiede un valore zero di tutti e tre i « sentimenti spaziali semplici »; tutti i punti della retina situati sulla verticale che divide il campo visivo passando per il punto centrale posseggono valori positivi del sentimento di altezza, valore zero dei sentimenti di larghezza e profondità; tutti i punti situati sulla linea divisoria orizzontale invece posseggono valori positivi del senti-

mento di larghezza, valore zero degli altri due. I punti situati sulle due metà esterne delle retine posseggono valori *positivi* del sentimento di profondità, e la loro eccitazione simultanea dà luogo alla sensazione di punti *più lontani* del punto centrale del campo visivo; invece i punti situati sulle due metà interne delle retine posseggono valori *negativi* del sentimento di profondità, e danno luogo alla sensazione di punti *più vicini* del punto centrale.

A dilucidazione di questa teoria, che potrebbe sembrare artificiosa, deveasi aggiungere che secondo l'Hering essa fornirebbe una spiegazione semplice dei fatti, per chè invece di ammettere, come altri facevano, tanti « segni locali » differenti per ogni punto della retina, ammette tre soli « sentimenti spaziali semplici » (e si badi che la parola « sentimento », con cui abbiamo dovuto rendere il tedesco « Gefühl », ha qui un valore puramente sensoriale), dal cui miscuglio in vario grado e con diversa intensità nascerebbe la determinazione spaziale di ciascun punto secondo le tre dimensioni dello spazio. La disparazione angolare entra qui come fattore puramente quantitativo, per effetto del quale la percezione della distanza è considerata come una proprietà invariabile dei punti delle due retine: l'eccitazione simultanea di due punti situati, sulle retine, a determinate distanze e posizioni rispetto alla fovea susciterebbe immediatamente quei particolari « sentimenti » spaziali da cui nascerebbe la collocazione degli oggetti a determinate distanze. L'esperienza interviene soltanto nell'ulteriore progresso della percezione dello spazio, facendoci anzitutto fissare (per oscuri processi) la distanza a cui viene collocato il « centro del campo visivo », e poi facendoci riconoscere come veri e propri « rapporti » quelle differenze tra il centro e gli altri punti, che dappprincipio ci sono date solo come « sentimenti ».

Sebbene la teoria dell'Hering appaia così astratta

nella sua concezione da sottrarsi ad ogni possibilità di controllo sperimentale, è invece accessibile alla prova. Se infatti la teoria fosse esatta, la pura e semplice eccitazione simultanea delle due retine con uno stimolo luminoso qualsiasi dovrebbe bastare al soggetto per poter collocare quello stimolo ad una determinata distanza da sè; e se si agisse contemporaneamente con due stimoli situati in piani differenti, dovrebbe essere possibile al soggetto, mediante le pure sensazioni retiniche, di riconoscere qual'è il più vicino e qual'è il più lontano, salvi i limiti di esattezza imposti dall'esistenza di una soglia di acuità stereoscopica. La difficoltà principale, di carattere tecnico, consiste nella necessità di isolare il fattore della differenza angolare tra le immagini, eliminando l'intervento di qualsiasi fattore qualitativo che possa servire di aiuto nella formazione dei giudizi di distanza.

IV. Critica degli esperimenti fatti per misurare l'acuità stereoscopica — Gli esperimenti sin qui condotti non sono sufficienti a risolvere il problema. Si è di solito ripetuto il dispositivo dell'Helmholtz, apportandovi solo alcuni miglioramenti di tecnica sperimentale. E il dispositivo consiste, ricordiamo, nell'osservare tre aghi o tre fili tesi, guardandoli attraverso un tubo recante in fondo una fessura stretta, la quale permette di vedere solo la parte mediana degli aghi o dei fili, nascondendone le estremità. Il campo visivo è così ristretto a un piccolo tratto rettangolare, nel quale compaiono, contro uno sfondo bianco uniforme, tre linee verticali parallele. L'ago (o il filo) di mezzo può essere spostato in avanti o indietro rispetto al piano degli altri due, che restano fissi; il minimo spostamento avvertibile (cioè riconosciuto nella maggioranza dei casi) viene assunto come valore di soglia dell'acuità stereoscopica. Ma gli aghi o i fili hanno un certo spessore (quelli usati dal Bourdon, p. es., erano grossi ben 0,7 mm.); hanno un colore per cui spiccano sul fondo sul quale vengono a proiettarsi; lo

spostamento di uno rispetto al piano degli altri due implica dunque inevitabilmente una serie di modificazioni nella forma, grandezza, colore e luminosità, cioè alcuni cangiamenti qualitativi che si aggiungono al puro fatto dello spostamento angolare. Questi coefficienti sono uniti nell'esperienza ordinaria; ma la ricerca scientifica deve rigorosamente isolarli, se vuol precisare l'efficienza di ciascuno. Tale isolamento non si ottiene col metodo sinora usato; e neppure coll'uso dell'Aploscopio (p. es. col grande Aploscopio di Hering) in cui si tratta sempre di osservare lo spostamento di un filo rispetto al piano di altri due. Anzi, si può ritenere che le condizioni in cui il soggetto viene posto in questi esperimenti siano estremamente favorevoli, nel senso che accrescono fino al massimo possibile la finezza dell'acuità stereoscopica, per la nettezza dei contorni degli aghi o dei fili neri visti contro uno sfondo bianco, nelle migliori condizioni d'illuminazione. Perciò anche non è lecito applicare a qualsiasi distanza e a diverse condizioni di osservazione quei valori di soglia che si sono ottenuti osservando aghi o fili a uno o due metri di distanza dagli occhi; del che si è accorto lo stesso Bourdon, il quale, dopo avere riferita la tabella da cui risulta che la parallasse binoculare permette di riconoscere differenze di distanza fino a m. 2642, sente il bisogno di aggiungere: « Tuttavia i calcoli precedenti non valgono che sotto la riserva che si suppongano sempre ugualmente netti i contorni degli oggetti percepiti. Ora, generalmente, i contorni sono sempre meno netti a mano a mano che gli oggetti sono più lontani. E' dunque probabile che, se si osservassero degli oggetti naturali, p. es. degli alberi, si troverebbe che una distanza di 2642 metri non può ancora essere distinta da una distanza infinitamente grande; ma la distinzione sarebbe forse possibile nel caso di due oggetti così netti come un punto luminoso situato sul suolo e una stella ». Quest'ultima ipotesi

avrebbe comunque bisogno di essere provata dai fatti; ciò che non è facile, anche perchè occorrerebbe garantire al punto luminoso posto sul suolo grandezza, colore, luminosità identici a quelli della stella. Il certo è che, con tutte queste prove, non si può affatto assicurare che il riconoscimento delle differenze di distanza sia funzione della disparazione delle immagini concepita come pura differenza angolare.

V. Nuove ricerche sperimentali — Per tentare di risolvere il problema siamo partiti dal principio di scegliere come stimoli, anzichè degli aghi o dei fili che spicchino nettamente sopra uno sfondo di diverso colore, delle superfici assolutamente omogenee, prive di qualsiasi punto di riferimento, sempre identiche in forma, in grandezza, in colore e in grado di luminosità, e disposte in modo che col variare della parallasse binoculare non si producesse alcuna variazione in tutti questi coefficienti qualitativi: solo così sarebbe stato possibile isolare rigorosamente il fattore parallattico. Dopo alcuni tentativi, abbiamo impostati gli esperimenti adottando il seguente dispositivo.

Il soggetto siede, nella camera oscura, davanti ad un grande tubo rettangolare di legno, largo cm. 30, alto cm. 37 e lungo cm. 60, posato sopra un tavolino della lunghezza di 3 m. Il tubo è chiuso alle due estremità; ma il piano anteriore porta due fori per gli occhi del soggetto; il piano posteriore porta una fessura rettangolare lunga cm. 20 e larga cm. 2, attraverso la quale si vedono gli oggetti presentati. Questi consistono in due schermi verticali ricoperti di un foglio bianco, oppure colorato purchè di colore perfettamente uniforme e d'impasto così fine che non si distingua nessuna scabrosità della carta. I due schermi sono avvicinati tra loro, ma per impedire che il soggetto veda il loro distacco si pone dinanzi ad essi un'asta nera, larga cm. 7; dimo-

dochè il soggetto, attraverso la fessura del piano posteriore del tubo, non vede altro che due rettangoli bianchi o colorati separati da un tratto nero: tutto il resto del campo visivo è rigorosamente escluso. I due schermi sono illuminati da una forte lampada elettrica (da 100 candele) situata in alto dietro il capo del soggetto, a distanza tale che gli schermi appariscano sempre illuminati ugualmente anche se l'uno è di alcuni centimetri più lontano dell'altro. A questo dispositivo, con cui fu superata la difficoltà maggiore dal punto di vista tecnico, si dovette ricorrere perchè usufruendo della luce naturale non si sarebbero evitate, sugli schermi, le ombre gettate dal tubo e dall'asta nera.

Il soggetto, dunque, appoggiando il capo al piano anteriore dello schermo e guardando attraverso i fori per gli occhi, osserva i due rettangoli, divisi dalla striscia nera, corrispondenti a porzioni degli schermi bianchi o colorati. Gli schermi venivano posti inizialmente alla stessa distanza; poi, lasciando fermo l'uno, si spostava l'altro, allontanandolo di 5 in 5 cm. (nelle prime prove anche di 1 o di 2 cm., finchè si vide l'inutilità di spostamenti così piccoli) fino ad ottenere una differenza massima di distanza di 30 cm. Alternativamente, e senza una regola fissa, per evitare qualunque suggestione, si allontanava o lo schermo destro o lo schermo sinistro; dopo ogni presentazione la fessura del piano posteriore del tubo veniva coperta in modo da occultare al soggetto le manovre dello sperimentatore. In tre serie successive di prove gli schermi furono collocati alle distanze iniziali di metri 1, m. 1,50 e m. 2 dagli occhi del soggetto; furono fatte anche alcune prove con distanze maggiori, fino a 3 m., ma furono poi abbandonate essendosi dimostrate inutili dopo i risultati ottenuti colle distanze minori. Infine, furono usati schermi bianchi, rossi, verdi e violetti, e, in una serie, fu posto uno schermo giallo ed uno blu.

Gli esperimenti sono stati eseguiti in due riprese, a distanza di tempo, nella camera oscura del Laboratorio dell'Istituto di Psicologia della R. Università di Firenze. Hanno preso parte alle prove, complessivamente, sette soggetti (studenti universitari, quattro uomini e tre donne). Si sarebbero estese le prove, se non avessero dato già risultati così concordi da ritenere che anche ripetendole non si sarebbe ottenuto alcun fatto nuovo. |

I risultati degli esperimenti sono stati, per noi, inattesi. Ci aspettavamo, a dir vero, che nelle nostre condizioni sperimentali, soppresso ogni altro fattore di distinzione della distanza all'infuori della pura disparazione angolare, l'acuità stereoscopica risultasse diminuita, e quindi la soglia della distinzione delle distanze crescesse di valore. Ma non ci attendevamo quello che dovemmo constatare in tutti i soggetti: *l'annullamento completo dell'acuità stereoscopica*, cioè l'impossibilità assoluta di distinguere le due superfici come l'una più lontana dell'altra: anche quando la differenza di distanza obiettiva raggiungeva l'altissimo valore di 30 cm., cioè quando i due schermi si trovavano alle distanze rispettive, dagli occhi del soggetto, di m. 1 e m. 1,30 nella prima serie, di m. 1,50 e m. 1,80 nella seconda e di m. 2 e m. 2,30 nella terza serie. Si pensi che negli esperimenti cogli aghi o coi fili, alla distanza di 2 m. dal soggetto sarebbero avvertibili delle differenze di distanza di un millimetro e mezzo!

Non è possibile riferire dati quantitativi sulle singole prove, perchè non esistono: nella quasi totalità dei casi i soggetti dichiarano che le due strisce, bianche o colorate, viste attraverso la fessura rettangolare, sono allo stesso livello, ad uguale distanza; pochissime volte tentano una discriminazione, ma per lo più s'ingannano: indicazioni esatte vengono date solo a caso e non salgono a più del tre per cento! Non solo; ma anche quella striscia nera che divide le strisce colorate, e che è dovuta

all'asta nera antistante agli schermi e posta a 30 o 40 cm. più vicina di essi, appare unita alle strisce colorate, allo stesso livello e con esse congiunta. Sicchè p. es. ponendo uno schermo a m. 1,50, l'altro a m. 1,80 e l'asta nera a m. 1,20 dagli occhi, le due strisce colorate e quella nera che le separa appaiono al soggetto come poste tutte sul medesimo piano. *Non esiste, dunque, una soglia della percezione della distanza, o dell'acuità stereoscopica, quando si escluda ogni altro fattore di distinzione all'infuori della disparazione angolare.*

A guisa di controllo indiretto fu fatto l'esperimento adottando due schermi di colore diverso, e precisamente l'uno giallo e l'altro blu: si vide allora che i soggetti giudicavano nella maggioranza dei casi come più lontana la striscia blu, anche quando in realtà era più vicina dell'altra: il colore più scuro destava immediatamente l'impressione di una distanza maggiore. Ciò è noto attraverso molti altri esperimenti: la differenza di luminosità è uno dei più potenti coefficienti dei nostri giudizi sulla distanza; ma nel caso nostro la prova conferma l'inefficienza della parallasse binoculare intesa come puro fattore quantitativo nella percezione della distanza.

Le cose cambiavano non appena sugli schermi si poneva un segno distinguibile sullo sfondo bianco o colorato: p. es. un punto nero o una o più righe: ci siamo serviti di fili neri per riportarci ad un tipo di esperimento analogo a quelli dei precedenti autori. In questo caso una soglia dell'acuità stereoscopica compariva immediatamente: il soggetto riusciva a distinguere la diversa distanza degli schermi. I valori di soglia da noi trovati sono più alti di quelli indicati da Heine e da Bourdon; la differenza angolare variava, nei diversi soggetti e per diverse distanze degli schermi, tra 30" e 50"; ciò si spiega pensando che, come dicemmo, le condizioni sperimentali di questi autori erano le più favorevoli alla discrimina-

zione, per la nettezza dei contorni riconoscibili e per la forte illuminazione. Sebbene noi non abbiamo ripetute le prove del Bourdon col suo stesso dispositivo, siamo convinti che avremmo trovati gli stessi suoi valori; nè d'altra parte era questo il nostro compito nella ricerca attuale.

Una conclusione emerge dunque chiara dai nostri esperimenti: la parallasse binoculare, considerata come semplice e pura disparazione angolare, cioè come fattore puramente quantitativo, non è fattore della percezione visiva della distanza. Lo spostamento delle immagini dei due occhi rende possibile la distinzione delle distanze solo in quanto esso implica sempre l'esistenza di differenze qualitative tra le due immagini (differenze nella forma, nella grandezza, nel colore, nell'illuminazione dell'oggetto per i due occhi). Ogni teoria che, come quella dell'Hering, pretenda di spiegare la percezione visiva della distanza e del rilievo dei corpi facendo appello alla disparazione angolare delle immagini delle due retine è dunque incompatibile coi risultati sperimentali; dai quali invece emerge una chiara conferma dell'importanza che ha il riconoscimento delle differenze qualitative tra le due immagini, dipendenti dalla diversa posizione dei due globi oculari; riconoscimento che evidentemente è possibile solo col formarsi dell'esperienza individuale.

VI. Stereoscopia e pseudoscopia — Le due figure che, sovrapponendosi, nello stereoscopio, mediante un sistema di prismi, suscitano l'effetto del rilievo, presentano tutte le differenze qualitative che offrono le due immagini dell'oggetto reale nella visione binoculare; avendo dimostrato sperimentalmente che nell'ordinaria percezione della distanza e del rilievo la parallasse binoculare agisce solo attraverso queste differenze, è naturale l'illazione che anche nella visione stereoscopica l'effetto di rilievo non sia dovuto al puro fattore quantitativo della dispa-

zione angolare. Ma una nuova conferma di questo fatto ci viene dai fenomeni pseudoscopici.

È noto che se, nello stereoscopio, s'inverte la posizione delle figure che, sovrapponendosi, suscitano l'impressione del rilievo, offrendo all'occhio destro l'immagine propria dell'occhio sinistro e viceversa, il rilievo appare rovesciato: il disegno di un cubo, p. es., che con la posizione normale delle figure appare in rilievo, coll'inversione delle figure presenta come più vicina la faccia che prima appariva più lontana e viceversa. Lo pseudoscopio è l'apparecchio che, con una opportuna disposizione dei prismi, produce appunto l'inversione delle figure. Ma già il James aveva notato che il rovesciamento del rilievo non sempre si verifica: « Se invertiamo le due figure, noi percepiamo uno stampo vuoto dell'oggetto... *ma solo se è un oggetto che abbia la probabilità di esser vuoto.* Una faccia umana, p. es., non sembrerà mai vuota collo pseudoscopio. » L'importanza di questo fenomeno per una teoria generale della percezione visiva dello spazio ci ha indotti a sottoporlo a più precisa indagine.

A tale scopo abbiamo costruito una serie di figure stereoscopiche costituenti successive e graduali complicazioni di uno stesso tipo. La prima figura rappresenta una forma geometrica semplice: una piramide a base quadrata e troncata alla cima, priva del lato superiore della base. Nella seconda, ai segni che costituiscono la prima figura sono state aggiunte alcune linee, che pure arieggiando a una certa prospettiva non bastano ancora a suggerire l'idea di un oggetto determinato. La terza reca altre aggiunte, in virtù delle quali la figura nel suo insieme richiama, con qualche integrazione mentale, l'idea di una strada. Nella quarta sono disegnate anche le case sui fianchi della strada; la quinta infine riproduce la stessa figura coll'aggiunta delle ombreggiature. Sicchè dalla prima all'ultima si passa per gradi; a cominciare dalla terza entrano in giuoco fattori assimilativi che si fanno

preminenti nelle ultime due. Ebbene, ponendo le figure nello stereoscopio ed invertendole, in modo da offrire all'occhio destro l'immagine dell'occhio sinistro e viceversa, si osserva che nella prima e nella seconda l'effetto pseudoscopico è chiaro e sicuro; nella terza si nota un curioso contrasto tra i due opposti rilievi: mentre la rappresentazione di una strada sembra affermarsi, in certi momenti il rilievo si rovescia e la forma della strada si perde: par che si oscilli tra la rappresentazione suggerita dal significato della figura e quella prodotta dall'effetto pseudoscopico: oscillazione che ricorda quelle che si producono nelle ben note figure a prospettiva reversibile. Nella quarta figura il significato s'impone e l'effetto pseudoscopico non si verifica quasi più: la rappresentazione della strada è chiara e sicura: solo con uno sforzo dell'attenzione si riesce momentaneamente a ottenere il rovesciamento del rilievo. Nell'ultima infine l'effetto pseudoscopico è completamente abolito, come nel caso della faccia umana citato dal James. Questo esperimento deve essere considerato solo come un primo tentativo di affrontare questo importante problema: in che modo, e a cominciare da qual momento, l'interpretazione del significato di una figura s'impone talmente da controbilanciare l'azione dei fattori qualitativi della parallasse binoculare? Forse occorrerebbe accrescere la serie di molti anelli intermedi per cogliere il momento in cui l'effetto pseudoscopico comincia a cedere di fronte alla rappresentazione del significato totale della figura; e sarebbe interessante ottenere misure quantitative esatte. Il metodo da noi proposto può servire di modello per più precise applicazioni.

Un altro esperimento prova che la percezione del rilievo sotto l'azione della parallasse binoculare non è così immediata come dovrebbe essere se fosse dovuta al destarsi di quei « sentimenti spaziali » di cui parla la teoria dell'Hering. Servendosi di figure geometriche

semplici, poste nello stereoscopio, v. Karpinska (1) ha osservato che il soggetto, appena ottenuta la visione unica, riconosce la figura ma non ne percepisce il rilievo: la vede dapprima come una figura piana, disegnata sopra una superficie; dopo qualche tempo (non misurato dall'A.) si presenta il rilievo; e tra i due momenti del processo sono ancora discernibili da alcuni soggetti varie fasi intermedie, durante le quali la figura planimetrica va prendendo corpo, va perfezionando il suo rilievo, va acquistando solidità. Queste osservazioni, che possono facilmente essere ripetute da chiunque abbia uno stereoscopio, confermano in modo esplicito la nostra interpretazione del significato della parallasse binoculare: infatti delle differenze qualitative tra le due immagini noi acquistiamo coscienza a poco a poco, esaminando bene la figura; e il rilievo si va, per così dire, costruendo a mano a mano che vengono rilevate tutte le piccole differenze di forma, di grandezza, di illuminazione, di colore etc.

Quello che v. Karpinska ha bene osservato collo stereoscopio, Jaensch ha potuto anche con miglior agio osservarlo col Telestereoscopio, apparecchio in cui il cannocchiale e lo stereoscopio sono combinati in modo da offrire la visione in rilievo di un panorama (2). Chi guardi per la prima volta nel telestereoscopio non ha la percezione del rilievo: il panorama gli appare come proiettato sopra una superficie piana; ma con l'esercizio, muovendo gli occhi da un punto all'altro dell'immagine, spostando anche intenzionalmente l'attenzione, finisce col vedere non più un quadro, ma un plastico. La parallasse binoculare compie qui l'ufficio di stimolo al compimento di quei movimenti dai quali nasce la percezione della profondità e del rilievo. Tale funzione di stimolo non è esclusiva della parallasse binoculare, sebbene a

(1) V. KARPINSKA, *Experimentelle Beiträge zur Analyse der Tiefenwahrnehmung* (Zeitschrift für Psychologie, LVII, 1910, pp. 1-88).

(2) JAENSCH, *Ueber die Wahrnehmung des Raumes* (Leipzig, 1911).

questa spetti in modo eminente: essa va considerata come uno dei molti fattori che provocano quelle reazioni motorie (dei globi oculari, poi degli arti e di tutto l'organismo) attraverso le quali va costituendosi la percezione dello spazio.

VII. Conclusione — Terminiamo l'esposizione di queste esperienze con alcune osservazioni d'indole generale. Si è creduto per molto tempo di poter spiegare la percezione visiva della distanza e del rilievo dei corpi riferendosi ad un determinato fattore (innato od acquisito), considerato come l'unico, o almeno come il principale e fondamentale fattore dell'effetto di profondità e di solidità che ci presentano gli oggetti del mondo esterno; e ci si è rivolti successivamente alla parallasse binoculare, alla convergenza, all'accomodazione, al riconoscimento delle differenze di grandezza, alla prospettiva lineare, alla prospettiva aerea, all'interposizione di oggetti opachi etc. È facile dimostrare che con ciascuno di questi mezzi, anche isolato artificialmente da tutti gli altri, è possibile emettere alcuni giudizi spaziali e riconoscere, dentro limiti diversi, differenze di distanza; ma al tempo stesso è certo che nessuno di questi può essere considerato come l'esclusivo fattore della percezione della distanza. Alla genesi di questa contribuiscono tutti insieme; nella formazione graduale della nostra esperienza non si può dire a quale spetti il primato, sebbene la soppressione dell'uno o dell'altro non turbi sensibilmente la rappresentazione totale, potendo ciascuno funzionare da fattore vicariante rispetto agli altri, quando questi vengano a mancare.

Questo punto di vista va affermandosi oggi nella psicologia della percezione spaziale. Scrisse egregiamente il Benussi (1): « Gli effetti batoscopici che si riscontrano

(1) BENUSSI, *Recherches expérimentales sur la perception de l'espace. II. Le phénomène de Panum* (Journal de Psychologie, XXV, 1928, pp. 465-506).

nella vita quotidiana sono legati a dei fattori di disparazione retinica, a dei fattori diploscopici, a dei fattori d'accomodazione cristallina, a dei fattori di convergenza-divergenza, e infine a dei fattori assimilativo-figurativi (fenomeni stereocinetici). Tutti questi fattori sono efficienti, cioè concorrono a formare la percezione spaziale concreta, qual'è vissuta da un organismo adulto. Non è possibile, infatti, parlare di un'eccitazione batoscopica (o stereoscopica) specifica, ma si deve, al contrario, considerare tutti i fattori enumerati come capaci, per le coordinazioni corticali esistenti, di dare origine da sè stessi a una impressione plastica e batoscopica particolare; alla condizione tuttavia che la capacità di percepire lo spazio sia ormai completata cronogeneticamente».

Considerare la percezione dello spazio come una formazione, cioè come un'unità che si genera nel corso dell'esperienza individuale, ecco il punto di vista fecondo che può servire come idea direttiva in tutte le ricerche sperimentali. Rinunziare ad esso significa rinunciare al compito esplicativo proprio della scienza. Soltanto un sano indirizzo genetico può giovare a comprendere e a spiegare i complessi fenomeni della percezione spaziale,

